LA INFLUENCIA DEL pH Y DE LA SALINIDAD EN EL CRECIMIENTO DE *AVICENNIA GERMINANS* (L.) L. EN CULTIVO HIDROPONICO

Por
MARIE - LUISE SCHNETTER *

SUMMARY

Seedlings of *Avicennia germinans,* collected at Turbo and Cartagena on the Caribbean Coast of Colombia were hydroponically grown during 28 weeks. The pH of nutrient solution containing 0.1 M NaCl ranged from 5.7 to 8.7. Additionally, one culture medium without NaCl (pH 7.7) and another containing 0.35 M NaCl (pH 8.2) were used.

Biomass production depended both on salinity and pH. Highest values of dry matter were obtained for plants of both collection sites in weak basic nutrient solution containing 0. 1 M NaCl. But different answers to pH conditions could be observed. Growth optimum of the plants from Cartagena occurred at pH 8, while those from Turbo remained already small at the same pH. They showed better growth in culture medium containing 0.35 M NaCl at pH 8.2 than at pH 8 and 0.1 M NaCl.

Increasing salinity resulted in a higher percentage of root biomass.

General differences were found between the material from the both sites. They were manifested by a higher productivity of the plants from Cartagena and by a lower number of pilose leaves on the plants from Turbo.

INTRODUCCION

Por sus características llamativas interpretadas como adaptación a las condiciones del medio ambiente bajo las cuales crecen en las costas tropicales,

---

* Blumenring 112, 6301 Heuchelheim, Rep. Fed. Alemania.

los mangles sirven como objeto de estudios botánicos desde hace mucho tiempo. Con frecuencia es importante cultivar las plantas bajo condiciones controladas para experimentos de esta índole. Distintos autores investigaron el crecimiento de plantas jóvenes de *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. en solución nutritiva (CONNOR 1969, CLARKE & HANNON 1970, DOWNTON 1982, CLOUGH 1984). En todos estos casos figuró como objetivo principal de las investigaciones determinar la influencia de la salinidad del medio de cultivo en el desarrollo de las plantas.

Ensayos de la autora para cultivar plantas de *Avicennia germinans* en Giessen/Alemania (SCHNETTER 1985) indicaron que por lo visto también el pH del medio nutritivo tiene cierta influencia sobre el crecimiento. Para una mejor aclaración de este asunto se realizó una serie de experimentos cultivando plántulas de *Avicennia germinans* en soluciones nutritivas a diferente pH y salinidad.

Agradezco al señor J. POLANÍA y a mi esposo Prof. D. R. SCHNETTER la recolección de frutos de *Avicennia germinans* en Cartagena y Turbo, respectivamente, y al señor E. CALDERÓN la revisión del texto español. Las investigaciones se llevaron a cabo en el Institut für Allgemeine Botanik und Pflanzenphysiologie de la Justus-Liebig-Universität de Giessen/Rep. Fed. Alemania.

MATERIAL Y METODOS

Los frutos de *Avicennia germinans* utilizados para los cultivos provinieron de manglares de la costa colombiana del Caribe. Para una primera serie se utilizó material recolectado cerca de Cartagena a principios de agosto de 1984. Una descripción de la vegetación costera de la región dan ARAÚJO y POLANÍA (1985). Un experimento posterior se realizó con frutos cosechados en la playa de Turbo/Golfo de Urabá en febrero de 1985. Estos frutos eran de un solo árbol pequeño.

Una vez llegados a Giessen los frutos fueron liberados de sus carpelos y colocados sobre vermiculita cubierta con agua. Después de 2 meses el desarrollo del sistema radical permitió colgar las plántulas en recipientes plásticos llenos con solución nutritiva. En este momento las plantas tenían por lo general 1 par o rara vez 2 pares de hojas. Cada recipiente, con capacidad de 1.3 l de solución, contenía 3 plantas; 3 recipientes fueron llenados con la misma solución nutritiva.

TABLA 1

Valores promedios del pH y salinidad de la solución nutritiva (c: Valor de la solución recién preparada; f: Valor de la solución después de 14 días de cultivo; SD: desviación estándar).

Cartagena

NaCl mol	NaOH, 1n ml/21	CaCO 1g/1^3	pH (c)	SD	pH (f)	SD
0.1	0.5	—	5.7	1.0	3.2	0.1
0.1	1.2	—	6.7	0.5	3.3	0.3
0.1	—	+	8.0	0.05	8.0	0.4
0.1	3.5	+	8.6	0.2	7.7	0.4
0.35	—	+	8.2	0.1	7.7	0.4

Turbo

NaCl mol	NaOH, 1n ml/21	CaCO 1g/1^3	pH (c)	SD	pH (f)	SD
0.1	0.5	—	5.7	0.8	3.7	0.6
0.1	1.5	—	7.3	0.2	4.2	1.0
0.1	—	+	8.0	0.1	7.4	0.6
0.1	3.5	+	8.75	0.3	7.4	0.4
0.35	—	+	8.2	0.1	7.2	0.6
0.0	0.5	+	7.7	0.1	7.6	0.5

1 litro de solución contenía los nutrientes siguientes:

NH_4NO_3	3.00 mmol	$MgCl_2$	1.20 mmol
K_2SO_4	0.50 mmol	$CaCl_2$	2.70 mmol
NaH_2PO_4	0.38 mmol	$FeCl_3$	0.04 mmol

Además se añadieron cantidades diferentes de NaOH y NaCl a la solución para obtener los diferentes valores de pH y de salinidad (Tabla 1). El valor del pH cambia rápidamente bajo la influencia de las plantas en crecimiento. Para amortiguar este efecto se agregó 1 g $CaCO_3/1$ a algunas soluciones (KNYPL 1976). Los valores promedios finales del pH aparecen también en la tabla 1. Las plantas recibieron solución nutritiva nueva cada 2 semanas.

Las plantas fueron cultivadas en el invernadero del Instituto Botánico a temperaturas alrededor de 25°C. Recibieron iluminación artificial adicional de 7 a.m. - 10 a.m. y de 5 p.m. - 10 p.m.

La cosecha se efectuó después de 28 semanas de crecimiento en solución nutritiva. Para comparación de los tratamientos diferentes se determinaron los valores siguientes: longitud y grado de ramificación del tallo, diámetro del tallo debajo del nudo de los cotiledones, número de nudos, longitud y ancho de las hojas, peso seco de hojas, tallos y raíces después de secarlos a 80°C y además número de hojas con y sin tricomas en el envés. SCHNETTER (1985) supone que los tricomas intervienen en la excreción de sal. Por eso existió el interés de saber si el pH y la salinidad influyen en la formación de ellos.

RESULTADOS

En el momento de la cosecha fueron fáciles de reconocer las diferencias del crecimiento tanto entre las plantas de diferente origen como entre los tratamientos particulares. Los resultados de las mediciones se encuentran en las figuras 1 y 2 y en la tabla 2.

Las plantas de Cartagena crecieron generalmente mejor que las de Turbo, lo que se ve bien claro al comparar las biomasas totales (Figs. 1 y 2). La sustancia seca menor de las plantas de Turbo fue principalmente resultado de hojas más pequeñas y del grosor menor del tallo, pero también de un grado de ramificación inferior (tabla 2).

También respecto a la reacción al valor del pH de la solución nutritiva, las plantas de distinto origen se portaron diferente. A una concentración de NaCl de 0.1 mol la productividad de las plantas de Cartagena aumentó continuamente hasta un pH de 8, para descender después notablemente. A un pH de 8.6 las plantas permanecieron pequeñas y tenían hojas cloróticas. Las plantas de Turbo crecidas en solución nutritiva de la misma concentración mostraron síntomasiguales ya a un pH de 8. Sorprendentemente de los frutos de Turbo se desarrollaron a un pH de 8.2 y una concentración de NaCl de 0.35 mol plantas un poco más pequeñas pero vigorosas y verdes

TABLA 2

Desarrollo promedio del tallo y del follaje (DS: Diferencia significante al 5%)

NaCl mol	*pH*	*Diámetro tallo principal mm*	*Longitud tallo principal cm*	*No. promedio de ramas*	*No. de nudos*	*Tamaño promedio de las hojas adultas* largo *cm*	*SD*	ancho *cm*	*SD*	*% de hojas sin tricomas*
				Cartagena						
0.1	5.7	5.05	27.0	1	7	6.7	2.3	2.6	1.0	26
0.1	6.7	5.4	27.3	2	8	6.5	2.0	2.8	1.0	17
0.1	8.0	5.6	30.2	3	12	6.0	2.4	2.6	1.0	22
0.1	8.6	4.5	17.7	2	5	4.9	1.8	2.3	1.0	4.5
0.35	8.2	4.8	20.3	2	7	4.8	2.1	2.2	0.9	5
DS 5%	—	—	7.9	—	—	—	—	—	—	—
				Turbo						
0.1	5.7	4.1	28.3	1	8	5.6	1.6	2.0	0.5	79
0.1	7.3	4.0	31.0	1	11	5.7	2.0	2.1	0.6	74
0.1	8.0	3.0	11.7	1	4	3.3	1.1	1.3	0.4	68
0.1	8.75	2.9	11.6	3	3	3.2	1.5	1.1	0.4	82
0.35	8.2	3.2	22.6	0.5	7	4.8	1.9	1.9	0.7	42
0.0	7.7	3.5	24.7	2	11	4.6	1.8	1.6	0.5	83
DS 5%	—	0.7	5.3	—	—	—	—	—	—	—

que no eran comparables con las plantas débiles crecidas a la concentración de 0.1 mol. Simultáneamente con el mejor crecimiento fue posible observar también el mayor grado de ramificación de las plantas y paralelamente con el grado de ramificación aumentó el número de nudos. Por lo general salió un par de hojas por mes en ejes no ramificados. En las ramas laterales se formaron pares de hojas adicionales a un ritmo parecido al del eje principal.

También fue posible observar diferencias entre las plantas procedentes de Turbo y Cartagena respecto a la fracción de la biomasa total representada por hojas y tallo, por un lado, y raíces por el otro, pero las relaciones eran casi independientes del pH. Por otra parte, comparando plantas crecidas en solución nutritiva de concentración distinta de NaCl, fue posible notar un aumento del porcentaje de la biomasa radical al subir la concentración de NaCl (Fig. 2). Este efecto se presentó tanto con las plantas de Turbo como en las de Cartagena.

Respecto a la presencia o ausencia de tricomas en el envés de la hoja se notaron diferencias marcadas entre las plantas de diferente origen. En todos los ensayos anteriores de la autora al cultivar *Avicennia germinans,* fue posible observar que el primer par de hojas normales siempre carece de pelos en el envés. En las plantas de Cartagena se presentaron rara vez hojas adicionales sin tricomas y nunca en solución nutritiva de una concentración de NaCl de 0.35 mol. Las plantas de Turbo se comportaron completamente diferente. Normalmente las hojas carecían de tricomas y únicamente las plantas que crecieron en la mayor concentración de NaCl tenían un alto porcentaje de hojas peludas (tabla 2).

DISCUSION

Las investigaciones relacionadas con cultivos de *Avicennia marina* dieron por resultado un crecimiento mejor de las plantas a concentraciones de sal entre 0.5% y 1.5% (Connor 1969, Clarke & Hannon 1970, Dowton 1982, Clough 1984). Con estos resultados concuerdan investigaciones de Ball & Farquhar (1984, 1984a) sobre la influencia de la salinidad en la fotosíntesis de *A. marina,* lo que demuestran una disminución de la fotosíntesis a concentraciones de NaCl por encima de 250 mmol. En *Avicennia germinans* se encontró la mayor concentración de nitrógeno total en hojas y raíces a una salinidad de 0.96% (Mizrachi, Pannier & Pannier 1980). Estos datos y los resultados del trabajo presente permiten la conclusión que *Avicennia germinans* se comporta similar respecto a la salinidad como *A. marina.*

En ninguno de los trabajos arriba mencionados hay una referencia al valor pH del medio de cultivo. Los valores de pH en el mar oscilan entre

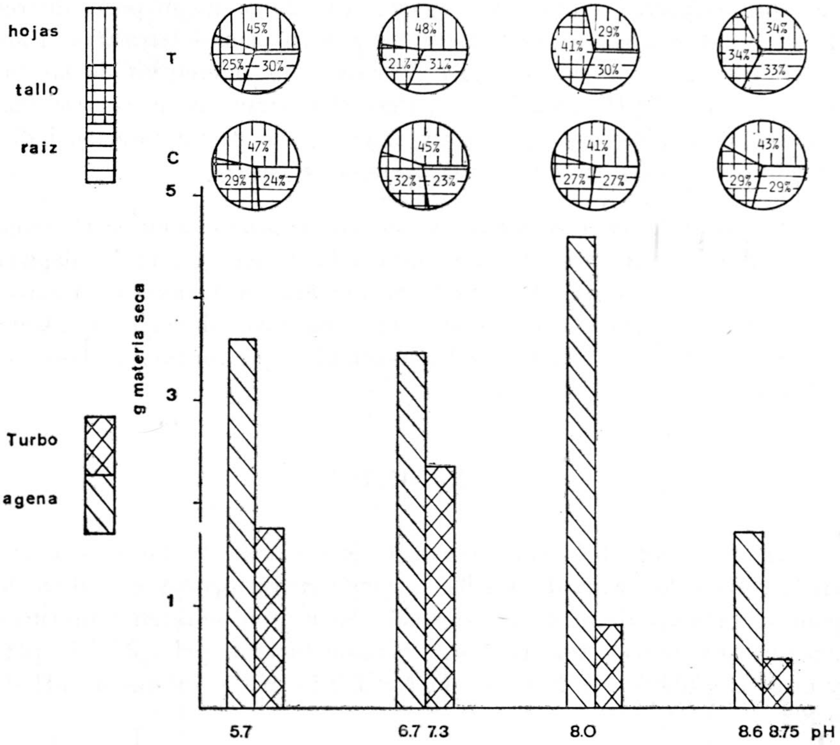

FIGURA 1. Peso seco total (columnas) y porcentaje de hojas, tallos y raíces (círculos) a diferente pH. (C: Cartagena. T: Turbo; DS 5% del peso seco total: Cartagena: 1.798, Turbo: 0.758).

7 y 8.3. Las diferencias son en primer lugar resultado de fenómenos biológicos (KALLE 1945). Valores aún más bajos se observan cuando microorganismos descomponen cantidades grandes de materia orgánica. Este fenómeno puede presentarse en las regiones costeras o por la influencia del hombre o por material vegetal arrojado a la playa por acción del mar. También en los estuarios, donde se mezcla agua dulce con agua marina los valores pueden ser diferentes a los del mar. Los valores del pH del ambiente natural de los manglares deben extenderse por eso de zonas ligeramente ácidas hasta zonas ligeramente básicas. ARNON & JOHNSON (1942) observan pocas diferencias del crecimiento a valores de pH entre 4 y 8 en plantas terrestres. Tampoco en *Avicennia germinans* son muy llamativas las diferencias de las biomasas a valores de pH entre 5.7 y 8. Pero el conjunto de mayor cantidad de materia seca, tallos más vigorosos y mayor grado de ramificación indica un crecimiento mejor a valores de pH ligeramente básicos.

Por falta de datos ecológicos no es posible aclarar aquí, si el comportamiento diferente de las plantas de Turbo y Cartagena resulta de adaptaciones a condiciones especiales del medio. Pero el trabajo de MARKLEY, MACMILLAN & THOMPSON (1982) indica, que sí hay reacciones distintas de plantas de regiones diferentes a factores medioambientales, que concuerdan con las condicionse de su hábitat respectivo.

RESUMEN

De frutos de *Avicennia germinans* procedentes de Turbo y Cartagena en la costa colombiana del Caribe se mantuvieron plantas en cultivo hidropónico por un espacio de 28 semanas. Se usaron soluciones nutritivas de una misma salinidad (0.1 mol NaCl) pero de diferente pH (pH 5.7 - pH 8.7) y otras sin adición de NaCl y con NaCl 0.35 mol y valores de pH de 7.7 y 8.2

En soluciones nutritivas de 0.1 mol NaCl, con valores de pH creciente aumenta la biomasa hasta un valor máximo. Las plantas de Cartagena alcanzan el óptimo a un pH de 8, mientras las de Turbo ya lo han sobrepasado en este punto. En ambos casos las plantas permanecen pequeñas y cloróticas a valores de pH aún más altos.

La salinidad a su vez influye en la productividad. Los valores absolutos más altos se alcanzan en soluciones de una concentración de 0.1 mol NaCl. Pero las plantas de Turbo crecen notablemente mejor a un pH de 8.2 y una concentración de 0.35 mol que a un pH de 8 y 0.1 mol. Con la salinidad sube el porcentaje de la biomasa radical en relación a la biomasa total.

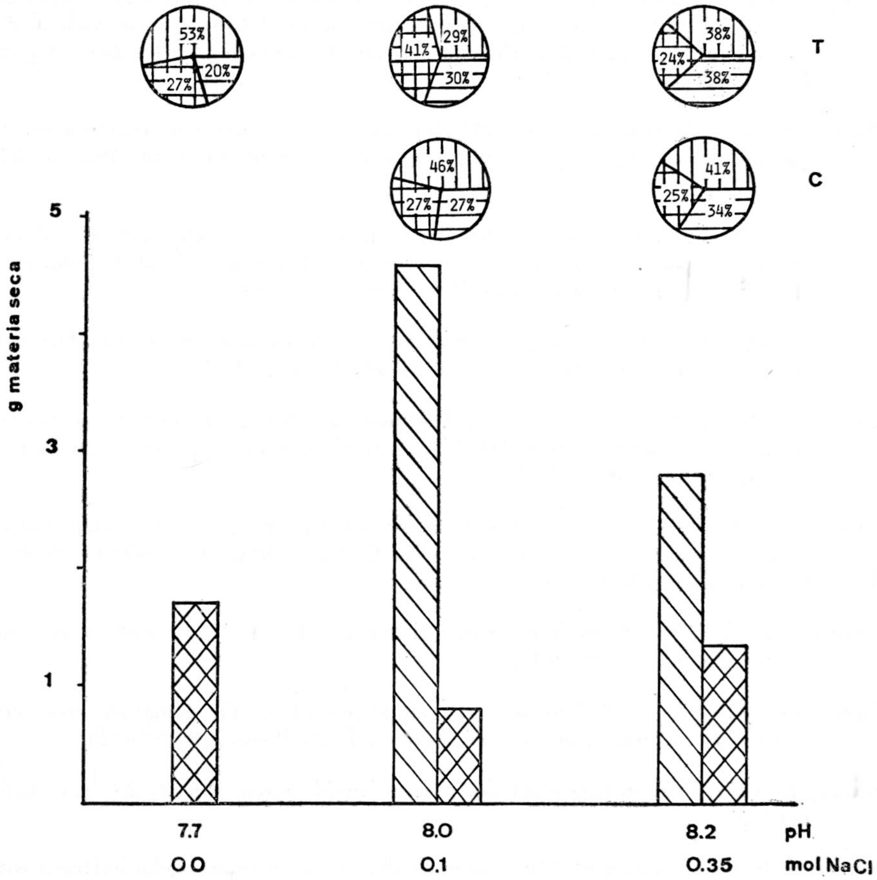

FIGURA 2. Peso seco total (columnas) y porcentaje de hojas, tallos y raíces (círculos) a diferente salinidad. (Convenciones como en la figura 1).

Entre el material de las 2 regiones existen diferencias generales. Se manifiestan en una productividad mayor de las plantas de Cartagena y un porcentaje menor de hojas con tricomas en el envés de las plantas de Turbo.

BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, R. & POLANÍA, J. 1985. Manglares: Estructura, fitosociología y geomorfología en el delta del Canal del Dique (Departamentos de Bolívar y Sucre, Colombia). Tesis de grado, Facultad de Biología Marina. U. Jorge Tadeo Lozano - Bogotá, D. E., 126 pp.

ARNON, D. I. & JOHNSON, C. M. 1942. Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. Plant Physiol, **17:** 525-539.

BALL, M. C. & FARQUHAR, G. D. 1984. Photosynthetic and stomatal responses of two mangrove species, *Aegiceras corniculatum* and *Avicennia marina,* to long term salinity and humidity conditions. Plant Physiol, **74:** 1-6.

— . 1984a. Photosynthetic and stomatal responses of the grey mangrove, *Avicennia marina,* to transient salinity conditions. Plant Physiol, **74:** 7-11.

CLARKE, L. D. & HANNON, N. J. 1970. The mangrove swamp and salt marsh communities of the Sydney district. III. Plant growth in relation to salinity and waterlogging. J. Ecol, **58:** 351-369.

CLOUGH, B. F. 1984. Growth and salt balance of the mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Rhizophora stylosa* Griff. in relation to salinity. Aust J. Plant Physiol. **11:** 419-430.

CONNOR, D. J. 1969. Growth of grey mangrove *(Avicennia marina)* in nutrient culture. Biotrópica, **1:** 36-40.

DOWNTON, W. J. S. 1982. Growth and osmotic relation of the mangrove *Avicennia marina,* as influenced by salinity. Aust. J. Plant Physiol, **9:** 519-528.

KALLE, K. 1945. Der Stoffhaushalt des Meeres. Probl. Kosm. Physik, **23,** (2) Aufl., Leipzig.

KNYPL, J. S. 1976. Culture of *Spirodela oligorrhiza* in ammonium media buffered with calcium carbonate or calcium phosphate. Biochem Physiol. Pflanz, **170:** 243-252.

MARKLEY, J. L., MACMILLAN, C. & THOMPSON, C. A. Jr. 1982. Latitudinal differentiation in response to chilling temperatures among populations of the three mangroves. *Avicennia germinans, Laguncularia racemosa,* and *Rhizophora mangle,* from the western tropical Atlantic and Pacific Panama. Can. J. Bot., **60:** 2704-2715.

MIZRACHI, D., PANNIER, R. & PANNIER, F. 1980. Assessment of salt resistance mechanisms as determinant physico-ecological parameters of zonal distribution of mangrove species. I.: Effects of salinity stress on nitrogen metabolism balance and protein synthesis in the mangrove species *Rhizophora mangle* and *Avicennia nitida*. Bot. mar., **23**: 289-296.

SCHNETTER, M. L. 1985. Untersuchungen zur Salzausscheidung durch die Blätter bei *Avicennia germinans* (L.) L. Flora, **177**: 157-165.